

Опубликовано:

[Шевченко В.В., Цурак С.М., Алексеев И.А. Отдельные вопросы эксплуатации ВЛЭП с самонесущими изолированными проводами / Материалы инженерного семинара "Электрификация и энергоснабжение" (20 декабря 2007 г.). - Харьков: УИПА, 2007. – С. 58-63].

УДК 621.315

В.В. Шевченко¹, С.М. Цурак², И.А. Алексеев²

¹Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

²Украинская инженерно-педагогическая академия, Артёмовск

Отдельные вопросы эксплуатации ВЛЭП с самонесущими изолированными проводами

Рассматриваются вопросы эксплуатации ВЛЭП с самонесущими изолированными проводами в условиях атмосферного перенапряжения. Предложены возможные решения молниезащиты.

Ключевые слова: самонесущие изолированные провода, перенапряжение, устройство защиты от дуги

Постановка проблемы. В настоящее время весьма широкое распространение получили самонесущие изолированные провода в изоляции из сухого сшитого полиэтилена, для воздушных линий электропередач до 1 кВ, которые пришли на смену голому проводу марок А и АС. Применение самонесущего изолированного провода, (СИП) при строительстве воздушных линий электропередачи с изолированными проводами (ВЛИ) направлено на снижение эксплуатационных расходов, а высокая технологичность работ при строительстве ВЛИ значительно снижает сроки строительных и монтажных работ. На стесненных участках, а особенно при выходе ВЛИ с подстанций, возможен монтаж 2-х и более линий на одной опоре. Снижение расходов при строительстве ВЛИ, связано также и с экономией на транспортных расходах, заработной плате и плановых накоплениях.

Опыт проектирования, строительства и эксплуатации ВЛИ 0,4 кВ показывает высокую эффективность их применения. На сегодняшний день ведутся работы по реконструкции электрических сетей ООО «Донецкоблэнерго», включая замену неизолированных проводов ЛЭП на СИП.

Реконструкция СЭС воздушных линий электропередач с установкой СИП связана с определенными расходами. Но эти расходы окупаются в течение 4-5 месяцев, [1]. С учетом перспективы расширения регионов использования ЛЭП с СИП все большее значение имеет повышение их надёжности и экономичности. Необходимо продолжать исследования работы этих линий в различных режимах и условиях эксплуатации. Это, прежде всего, аварийные и послеаварийные режимы, связанные с переходными процессами и существенными изменениями показателей качества электрической энергии у потребителей.

Анализ литературы. Создание, технология изготовления, монтаж, эксплуатация и ремонт проводов марки СИП - новое направление. Поэтому информация получена из нормативных документов, отдельных статей, информации из сайтов Internet, где размещена информация заводов-изготовителей и отдельные материалы конференции.

Цель статьи – рассмотреть особенности эксплуатации и способов защиты от перенапряжений воздушных линий электропередач с самонесущим изолированным проводом.

Основная часть. В настоящее время на территории Украины наблюдается активное строительство новых и замена старых линий электропередач в распределительных сетях 0,4 кВ. Увеличилось число линий, при монтаже которых применяются самонесущие изолированные провода (СИП). Воздушные линии, выполненные из изолированных проводов, как и другие электроэнергетические объекты, должны быть защищены от влияния последствий короткого замыкания и перенапряжений.

Самонесущие изолированные провода имеют высокие термические характеристики. В частности, для низковольтного СИП с изоляцией из термопластичного полиэтилена рабочая температура составляет около 70°C , температура при односекундном токе короткого замыкания 135°C . Для СИП с изоляцией из сшитого полиэтилена эти характеристики еще выше: рабочая температура составляет уже 90°C , а при токе короткого замыкания провод выдерживает 250°C в течение одной секунды. Это, с одной стороны, позволяет пропускать большие токи нагрузки по ВЛ с использованием таких проводов, но с другой стороны, требует обеспечивать надежную защиту от токов короткого замыкания и просчитывать линию на термическую устойчивость.

При проведении эксперимента, [1], была произведена частичная замена воздушной линии. Участок линии смонтировали с применением СИП с изоляцией из сшитого полиэтилена, а остальную часть оставили выполненной голыми проводами. Замена голого провода на СИП осуществлялась только в самом начале линии у питающего фидера и при этом не была предусмотрена защита от токов КЗ. В процессе проведения испытаний в концевой части ВЛ создали искусственное схлестывание голых проводов, и соответственно возникло короткое замыкание. Из-за отсутствия защитных устройств, ток КЗ длительно воздействовал на СИП. В результате провод подвергся нагреву, изоляция оказалась термически перегруженной, и произошло ее сползание с провода на всем проложенном участке. СИП оказался выведен из строя.

Подобной аварии можно было избежать, если бы с СИП была смонтирована вся линия или СИП был применен на ее завершающем участке. Тогда короткое замыкание не повлияло бы на провод.

Этот эксперимент демонстрирует необходимость защиты СИП из-за длительного воздействия токов короткого замыкания, которое может произойти на ВЛ не только от схлестывания голых проводов, но и например, при обрыве проводов, при случившейся аварии у потребителя и т.п.

В развитых странах проблема защиты линий решается разными способами. Во Франции используется достаточно дорогая и массивная двойная защита ВЛ: аппараты автоматического отключения токов короткого замыкания и пробковые предохранители, которые располагаются в щитовом оборудовании, находящемся на земле. В Германии на ВЛ применяются те же способы защиты, что и для кабельных линий: где защитное оборудование монтируется на земле. Эти способы исполнения защиты СИП дорогостоящие. Наиболее оптимальное решение по защите линий было предложено в скандинавских странах. Их опыт показал, что для защиты от токов короткого замыкания ВЛ 0,4 кВ с использованием СИП в качестве основного способа можно эффективно применять мачтовые рубильники, рис. 1. В них применяются предохранители с плавкими вставками, эффективная работа которых защищает линию от перегрузок.



Рис. 1. Мачтовый рубильник с применением предохранителей с плавкими вставками

Мачтовый рубильник отключает рабочую нагрузку до 160 А или до 400 А и не требует специальных распределительных шкафов, так как устанавливается прямо на опоре, в непосредственной близости от проводов. Управление устройством осуществляется с земли изолирующей штангой, то есть оно находится вне зоны прямой досягаемости, как обслуживающего персонала, так и

посторонних людей. Одним из достоинств применения мачтовых рубильников является возможность при проведении работ на линии использовать их в качестве элементов временного заземления со стандартными заземлителями для голых проводов. Для защиты линии от перегрузок используются и другие аппараты, в том числе традиционные, которые сейчас применяются на ВЛ с голыми проводами. Исходя из выше сказанного, необходимо подчеркнуть – защита должна быть обязательно. Только в этом случае действительно можно гарантировать работу линии с применением СИП в течение 25 лет.

При ударе молнии в линию или в ее непосредственной близости индуцируется перенапряжение, величина которого приблизительно одинакова на всех трех фазах. Перенапряжение между фазным проводником и заземленной металлоконструкцией может достигать порядка нескольких сотен киловольт, но прямой удар молнии в линию — большая редкость. Если линия не оборудована устройствами защиты от перенапряжения, разряд происходит на ближайшей опоре, инициируя дугу между заземленной траверсой и проводником. После разряда, возникает ток К.З., величина которого обычно составляет несколько тысяч ампер, он идет на рабочей частоте в направлении от выхода с подстанции в сторону К.З., генерированного дугой. Его величина зависит от величины тока короткого замыкания сети и расстояния от подстанции до места разряда. Разряд происходит на ближайшем от проводника заземленном месте и стремится в сторону потока энергии (например, к потребителю).

Дуга может свободно перемещаться по неизолированному проводу, но на проводе системы PAS изоляция затрудняет это перемещение. При разряде дуга выжигает небольшое отверстие в изоляции и горит до повреждения или пережога проводника. Защита линии при этом не успевает срабатывать. Исходя из этого, провод PAS нужно защищать устройствами защиты от перенапряжений, установленными в определенных точках линии. Благодаря этому, разряд происходит без повреждения провода. Устройства защиты от перенапряжений используются совместно с другими компонентами защиты сети. Благодаря этому, возможно обеспечить гарантированное бесперебойное питание для потребителей. Устройства защиты должны устанавливаться в местах наиболее частого возникновения перенапряжения (поля и возвышенности). Также рекомендуется устанавливать защиту в населенной местности и вдоль дорог.

Устройства защиты от дуги (УЗД) разработаны для перенаправления возникшей дуги с провода и изолятора на рога. УЗД состоит из дугозащитных рогов, рекомендованных использовать на штыревых и опорных изоляторах. Также рекомендуется использовать УЗД на подвесных и натяжных изоляторах, рис. 2.

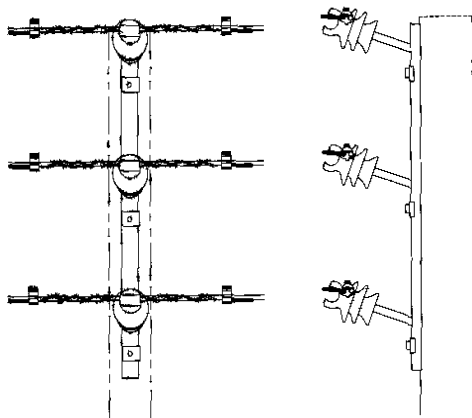


Рис. 2. Установка УЗД на линии с возможностью двустороннего питания. (УЗД устанавливаются по обе стороны траверсы, рога повернуты наружу)

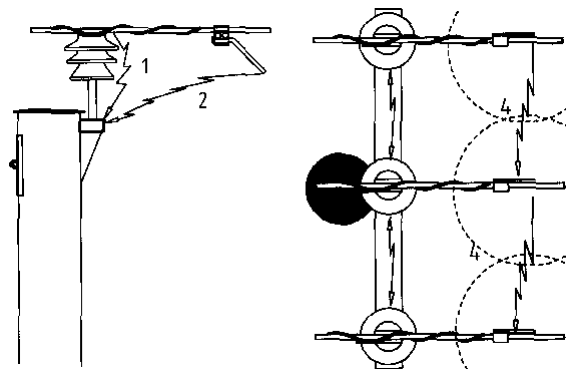


Рис. 3. Устройство защиты от дуги

В случае возникновения дуги, она не повреждает провод, а передается на верхнюю часть изолятора (1), после чего передвигается вдоль алюминиевого шунта, намотанного вокруг головки изолятора, к дугозащитному рогу (2). После чего дуга ионизирует воздух, делая его проводящим (3), возникает короткое замыкание между фазами (4), срабатывают устройства защиты линии. Расстояние между рогами не должны быть больше междуфазных. Рога устанавливаются в комплекте

с зажимами, прокалывающими изоляцию, которые не нарушают механическую прочность провода, что было подтверждено несколькими испытаниями на растяжение и вибрацию.

УЗД может поставляться в комплекте с шунтами. В цепях с односторонним питанием УЗД устанавливаются по стороне потребителя. В цепях с возможностью двустороннего питания УЗД устанавливаются по обе стороны траверсы. УЗД могут также быть предназначены для установки комплектов временного заземления и используются совместно с натяжными, штыревыми и опорными изоляторами. При небольших токах короткого замыкания УЗД используются с двойными шунтами. Шунты изготавливаются из алюминиевой проволоки сечением 25 мм^2 и устанавливаются также, как и одиночные, рис. 3.

Существуют различные способы защиты от грозовых перенапряжений. Одним из первых появился метод защиты искровым промежутком. Еще одним широко применяемым, но при этом довольно дорогим стал способ с использованием ограничителей перенапряжения.

Существуют и другие методы. Один из них достаточно давно используется в Европе, но мало известен в России и Украине - способ перевода пробоя из однофазного в межфазный.

Устройство конструктивно достаточно простое, и необходимо обратить внимание на достаточно малое межфазное расстояние. Устанавливается на достаточном удалении от изолятора (длина вязки спиральной 5 см), причем рог направлен от опоры, в сторону траверсы. Само устройство имеет прокалывающие изоляцию контактные зубья, которые при монтаже выводят потенциал провода на рог и поверхность провода, причем с помощью алюминиевой проволоки этот потенциал существует на поверхности провода вплоть до изолятора.

При возникновении грозового перенапряжения пробивается промежуток у изолятора между проводом и траверсой, но дуга горит не на самом проводе, а на той проволоке, которая выводит потенциал на поверхность. Далее дуга перемещается по проволоке в сторону рогов, и за счет ионизации воздуха и относительно небольшого межфазного расстояния дуга переходит в межфазное состояние. Плюс такого метода в том, что пробой становится видимым для релейной защиты, которая отключает линию. Затем либо АПВ, либо оператор восстанавливают сетевое напряжение.

Интересна петербургская разработка с использованием длинноискровых промежутков, . Система достаточно новая и пока серийно не производится. Но ее будущее достаточно многообещающе. Идея очень проста: заставить пробой протекать по некой поверхности, растягивая разряд на такую большую длину, которая не позволит ему переродиться в полноценную дугу.

Конструктивно такая защита может выполняться различными способами. Один из них - петля, изготовленная из длинного отрезка изолированной жилы определенной конструкции с высоким уровнем изоляции и установленная на траверсе. Концы жилы закреплены на траверсе и соединены с ней. Средней частью петля приближается к СИП и в этом месте поверхность защищенного провода выведен потенциал. Разряд растягивается по поверхности петли от СИП до траверсы, причем его длина разряда так велика, что он не перерождается в дугу. Результат - при грозовых перенапряжениях линия не отключается, и абонент всегда получает электроэнергию, [1].

Уже несколько лет такая система работает в опытной эксплуатации, и аварий не наблюдалось. Можно предположить, что срабатывала защита, но нельзя отвергать и тот момент, что в линии не было грозовых перенапряжений.

С целью повышения надежности работы ВЛЭП с любым типом проводов следует устанавливать ограничители перенапряжений (ОПН). Ограничители перенапряжения, монтируются в местах соединения самонесущего провода с подземными или абонентскими кабельными ответвлениями и на подстанциях. Встроенные в ОПН металлооксидные варисторы, надежно защищают сеть, а также подключенное оборудование, оргтехнику, бытовую технику и т.п., от всех видов перенапряжения. Подключение ОПН возможно как к голой, так и к изолированной линии. Набор крепежной арматуры, например изолированный проводник и монтажные кронштейны, отвечает индивидуальным требованиям заказчиков, рис. 4.

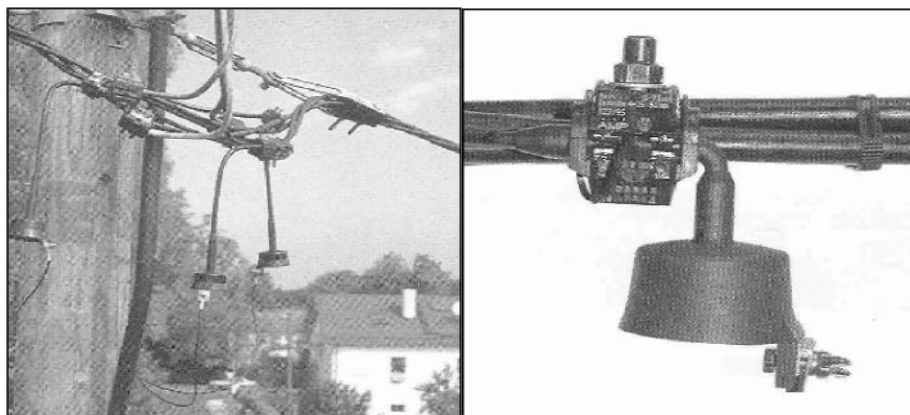


Рис. 4. Набор крепежной арматуры

Особенности заземления изолированных проводов (СИП).

Заземление - одна из основных защитных мер. Заземлению подлежат все металлические корпуса электрооборудования, металлические конструкции и т.д., которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции. Кроме того, в сетях с глухозаземленной нейтралью, какими являются ВЛИ 0,38 кВ, помимо заземления нулевого провода у источников питания (генератор, трансформатор) выполняются повторные заземления нулевого провода на линии. Повторные заземления должны быть выполнены на концах ВЛИ (или ответвлений от них) длиной более 200 м, а также на вводах от ВЛИ к электроустановкам, которые подлежат занулению. Величины сопротивлений этих заземляющих устройств должны отвечать требованиям ВБН В.2.5-341.004.001.001-02. На ВЛИ 0,38 кВ металлоконструкции железобетонных опор должны быть присоединены к нулевому проводу на каждой опоре, [2,3].

В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛИ, не экранированные промышленными дымовыми и другими трубами, высокими деревьями, зданиями и т.п., должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от грозových перенапряжений. Сопротивления этих заземляющих устройств должны быть не более 30 Ом, а расстояния между ними не более 200м для районов с числом грозových часов в году до 40, 100м для районов с числом грозových часов в году более 40. В целях грозозащиты все металлоконструкции и арматура железобетонных опор должны быть присоединены к нулевому проводу.

Кроме того, заземляющие устройства должны быть выполнены:

- на опорах, имеющих ответвления от магистрали ВЛИ до вводов в помещения, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, детские сады, больницы и т.п.) или которые представляют большую хозяйственную ценность (животноводческие и птицеводческие помещения, склады, гаражи и пр.);
- на концевых опорах ВЛИ, имеющих ответвления к вводам. При этом наибольшее расстояние от соседнего защитного заземления этой же линии должно быть не более 50 м;
- на вводах от ВЛИ к электроустановкам, которые подлежат занулению.

Рекомендуется, кроме того, установка вентильных разрядников или ограничителей перенапряжения. При воздушном вводе в здание должны устанавливаться ограничители импульсных перенапряжений непосредственно на вводе. Размеры заземляющих и нулевых защитных проводников опор ВЛИ должны отвечать требованиям ВБН В.2.5-341.004.001.001-02.

Зануление светильников уличного освещения, которые устанавливаются на опорах ВЛИ, выполняется в соответствии с требованиями ВБН В.2.5-341.004.001.001-02.

На опорах, выполненных на базе центрифугированных стоек, для заземления используется круг диаметром 10 мм (ГОСТ 2590-88), который пропускается внутри стойки и сгибается с двух концов стойки. Длина загнутого круга должна быть снизу стойки – 3 м, сверху - 0,3 м. Заземляющий проводник присоединяется к кругу с помощью зажима ПС-2-1 (ТУ У 3400130441.031-96). На опорах, выполненных на базе вибрированных стоек, заземляющий проводник присоединяется с помощью зажима ПС-1-1 (ТУ 3400130441.031-96) к верхнему заземляющему выпуску стойки.

Выводы.

Появление воздушных линий электропередач с СИП напряжением 0,4 и 6,0 кВ доказало свое бесспорное преимущество по сравнению с неизолированными проводами: защищенность от схлестывания и обледенения проводов, существенное уменьшение сроков строительства, повышенная пожаробезопасность и надежность в обеспечении электроэнергией потребителей разного типа.

Дальнейшее широкое внедрение нового типа проводов – СИП, - повысит надежность, простоту и удобство технического обслуживания, сократит число отказов ВЛЭП, снизит расходы РЭС на компенсацию потерь бытовой техники от аварийных режимов

Установка изолированных проводов в действующие электросети потребовала решать проблема их защиты от грозовых перенапряжений. При возникновении грозового перенапряжения пробивается воздушный промежуток по поверхности изолятора и горит дуга, питаемая сетью достаточно долго - в сетях среднего напряжения однофазный пробой не регистрируется релейной защитой, и линия не отключается.

Для «голых» проводов грозовые перенапряжения не так страшны, ведь основание дуги со стороны провода не стоит на месте, постоянно перемещаясь по проводу. Защищенный провод (СИП) пробивается в определенных местах, изоляция не дает дуге двигаться, и она горит на проводе только в месте пробоя. В конце концов, провод пережигается и обрывается. Следовательно, такие провода необходимо защищать от грозовых перенапряжений. Необходимы новые конструкции и виды систем защиты. Это требует дополнительных затрат, но они необходимы. Для линий 6 кВ перспективны нелинейные ограничители перенапряжений, изготавливаемые с применением композиционных материалов из стеклоэпоксидной трубы в защитном чехле из кренийорганической резины.

Литература

1. Шевченко В.В., Цурак С.М., Лизан И.Я. Перспективы внедрения и особенности проектирования ВЛЭП с изолированными проводами. // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Харківський університет повітряних сил. - Вип. 4(62), 2007, с. 127-134.
2. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине. // Енергетика та електрифікація, № 7(287), 2007, с. 11 – 16.
3. Применение передовых технологий и оборудования в электроэнергетике. // Нефтяник Татарстана, 2003, № 48(1292).